

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**ПРОГРАМА, МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ,
КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ
З КУРСУ «ПРОМИСЛОВІ І МАЛОПОТУЖНІ КОТЛИ»**

**для студентів спеціальності 7.090505
усіх форм навчання**

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету
протокол № 2 від 18. 09 .09.

Програма, методичні вказівки, контрольні завдання з курсу «Промислові і малопотужні котли» для студентів спеціальності 7.090505 «Котли та реактори» усіх форм навчання / Уклад.: Єфімов О. В., Тютюнник Л. І. – Харків: НТУ «ХП», 2010. – 28 с.

Укладачі: О. В. Єфімов
Л. І. Тютюнник

Рецензент В. Й. Касілов

Кафедра парогенераторобудування

ПЕРЕДМОВА

Курс «Промислові та малопотужні котли» призначений для вивчення студентами сучасних котельних установок промислових підприємств. Характерною особливістю котельних установок, які розглядаються є їх зв'язок з виробничими технологічними агрегатами та системами опалювання, що здебільшого визначає їх параметри та конструктивні рішення щодо котельних установок.

Дисципліна базується на попередньому вивченні студентами курсів «Технічна термодинаміка», «Тепломасообмін», «Топкові процеси та обладнання».

У матеріалі курсу викладається фізична сутність робочих процесів в елементах і вузлах парового котла, описуються основні компоновки, різноманітні конструкції енергетичних, водогрійних та пароводогрійних котлів, які працюють як на твердому паливі, так і на газі та мазуті. Наводяться основні положення методики аеродинамічного опору елементів газоповітряного тракту котла, вибору тягодуттьової машини та теплової схеми котельної установки.

Також розглядаються допоміжні прилади котельних установок, у тому числі золоуловлювання, золошлаковидалення, тягодуттьові машини.

Студенти повинні знати загальну характеристику та конструкцію котлів, уміти визначати маркування котельного агрегату.

З метою закріплення лекційного матеріалу проводяться практичні заняття, де студенти засвоюють методику розрахунку теплового балансу та ККД котла, набувають навичок розрахунків теплових схем котельних.

Для контролю якості навчання студенти повинні виконати контрольні роботи.

Самостійна робота студентів щодо загального обсягу лекційного матеріалу передбачає вивчення багатьох питань.

Для кращого засвоєння деяких розділів курсу використовуються технічні засоби навчання: ПЕОМ, плакати, макети котлів.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1. Основні положення тепlopостачання споживачів.
2. Теплові навантаження і режими споживання.

Методичні вказівки

Матеріал цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти їх.

Література: [1, стор. 5–14; 3, стор. 4–17; 9, стор. 5–15].

Питання для самоконтролю

1. Структура енергосистеми промислового підприємства.
2. Котельна установка в системі промислової ТЕЦ.
3. Принципова, технологічна схема котельної установки.
4. Розвиток тепло- і електроенергетики.
5. Типи котельних установок залежно від характеру теплових навантажень.
6. Категорії котельних залежно від надійності теплопостачання споживачів.
7. Мережевий графік (річний графік, добовий графік $K_{з.г}$, $K_{з.с}$, h_0).
8. Графіки навантаження для опалювальної, котельної і виробничо-опалювальної котельної.
9. Типові проекти котельних.
10. Тимчасові котельні.
11. Загальна схема котла, його елементи і їх призначення

1. Повітряний баланс котла

1. Витрата повітря і кількість продуктів згорання палива.
2. Повітряний баланс парогенератора.
3. ККД парогенератора і витрата палива.

Методичні вказівки

Матеріали цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти ці поняття і визначення. Слід звернути особливу увагу на складання та розрахунок повітряного балансу котла.

Література: [1, стор. 32–62; 4, ч.1, стор. 126–135; 5, стор. 59–74; 6; ;9; стор. 40–116].

Питання для самоконтролю

1. Теоретично необхідна кількість кисню.
2. Коефіцієнт надлишку повітря.
3. Високотемпературна ванадієва корозія.
4. Продукти повного згорання твердого або рідкого палива.
5. Дійсна витрата.
6. Теоретична витрата повітря на парогенератор.
7. Розташоване тепло.
8. Тепловий баланс парогенератора.
9. Втрати з відхідними газами q_2 .
10. Витрати тепла від механічної та хімічної неповноти горіння q_3 і q_4 .

11. Холодна воронка.
12. Витрати тепла в навколишнє середовище q_5 .
13. Витрати з фізичним теплом шлаку q_6 .
14. ККД парогенератора брутто.
15. Розрахункова секундна витрата спаленого палива.

2. Топкові пристрої для газу, мазуту і твердого палива

1. Основні положення і класифікація газомазутних пальникових пристроїв.
2. Конструкції газомазутних пальникових пристроїв.
3. Газомазутні передтопки і пальникові пристрої з двоступінчатим спалюванням палива.
4. Шаруваті топкові пристрої для спалювання твердого палива.
5. Пилевугільні топкові пристрої і пальники.

Методичні вказівки

Матеріали цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти ці поняття і визначення. Слід звернути особливу увагу на конструкцію топкових пристроїв та їх роботу.

Література: [1, стор. 62–182; 2; 3, стор. 63–91; ;4, ч.1, стор. 43–126; 5, стор. 74–215; 9, стор. 15–161; 10, стор. 37–89].

Питання для самоконтролю

1. Класифікація топок і загальні характеристики процесів.
2. Класифікація камер для підведення, нагрівного теплоносія.
3. Загальна класифікація топкових пристроїв.
4. Показники роботи топкових пристроїв.
5. Вимоги, що пред'являються до топкових пристроїв котлів.
6. Характеристики процесу горіння твердого палива в щільному шарі.
7. Спалювання газоподібного палива. Загальні положення.
8. Принципи організації спалювання газового палива.
9. Умови раціонального спалювання газоподібного палива.
10. Топки, класифікація пальників для газоподібного палива.
11. Спалювання газоподібного палива з низькою теплоотою згорання.
12. Спалювання рідкого палива. Загальні положення.
13. Схеми розпилювання рідкого палива. Мазутні форсунки.
14. Основні положення і класифікація газомазутних пальникових пристроїв.

15. Спалювання твердого палива в шарі. Класифікація шараруватих топків.
16. Спалювання вугільного пилу в топках котлів. Особливості горіння вугільного пилу.
17. Розташування пальників на стінках топкової камери.
18. Топки для факельного спалювання вугільного пилу з гранульованим шлаковидаленням.
19. Топки, для факельного спалювання вугільного пилу з рідким шлаковидаленням.

3. Основні поняття про котельні агрегати і їх роботу

1. Характеристики і конструкції котлів. Загальні характеристики котлів.
2. Котли спеціального призначення.
3. Водогрійні і пароводогрійні котли.
4. Котли виробничих технологічних систем.
5. Комбіновані енерготехнологічні агрегати.

Методичні вказівки

Матеріали цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти ці поняття і визначення. Слід звернути особливу увагу на конструкцію котельних агрегатів та їх роботу, призначення.

Література: [1, стор. 303–361; 3, стор. 17–63; 4, ч.2, стор. 5–40; 5, стор. 215–280; 9, стор. 177–291; 10, стор. 5–37].

Питання для самоконтролю

1. Загальні характеристики котлів.
2. Котли з ПЦ низького тиску.
3. Енергетичні котли з ПЦ.
4. Прямоточні котли.
5. Компоновка котлів.
6. Низьконапірні, високонапірні, паровиробничі установки.
7. Котли непрямої дії і з неводяними теплоносіями.
8. Пересувні котли.
9. Електрокотли.
10. Водогрійні і пароводогрійні котли. Основні характеристики котлів.
11. Конструкції водогрійних котлів.
12. Пароводогрійні котли.
13. Умови і ефективність застосування котлів у технологічних системах.

14. Котли на виробничих газах, що відходять.
15. Котли, що використовують теплоту технологічного продукту.
16. Отримання пари в елементах технологічних установок і його перегрівання.
17. Особливості енерготехнологічного тепловикористання.
18. Енерготехнологічні агрегати для високотемпературних і низькотемпературних процесів.
19. Парові котли Білгородського заводу «Енергомаш».
20. Парові котли Бійського котельного заводу.
21. Парові котли Таганрогського заводу «Червоний котельщик».
22. Особливості роботи сталевих прямоточних водогрійних котлів.
23. Газомазутні водогрійні котли.
24. Водогрійні котли на твердому паливі.
25. Конструкція комбінованих водогрійних котлів на базі серійних прямоточних водогрійних котлів.

4. Абразивний знос, корозія, забруднення і очищення поверхонь нагріву

1. Абразивний знос.
2. Корозія металу елементів котла.
3. Високотемпературна корозія зовнішніх поверхонь нагрівання.
4. Низькотемпературна корозія зовнішніх поверхонь нагрівання.
5. Корозія металу внутрішніх поверхонь нагрівання.
6. Забруднення поверхонь нагрівання.
7. Очищення зовнішніх поверхонь нагріву від забруднень.

Методичні вказівки

Матеріали цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти ці поняття і визначення. Слід звернути особливу увагу на умови виникнення абразивного зносу, корозії та забруднення поверхонь нагрівання, а також на засоби ліквідації цих явищ.

Література: [1, стор. 441–459; 9, стор. 164–165; 10, стор. 159–162].

Питання для самоконтролю

1. Знос труб котла.
2. Високотемпературна і низькотемпературна корозія зовнішніх поверхонь котла, способи захисту.
3. Корозія внутрішніх поверхонь нагрівання котла.

4. Зовнішнє забруднення поверхонь нагрівання котла. Способи очищення і їх ефективність.

5. Аеродинаміка газоповітряного тракту

1. Системи газоповітряного тракту.
2. Аеродинамічні опори.
3. Аеродинаміка димової труби.
4. Вибір димососу і вентилятору.
5. Аеродинамічний розрахунок котельного агрегату.

Методичні вказівки

Матеріали цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти ці поняття і визначення. Слід звернути особливу увагу на аеродинамічний розрахунок котельних установок.

Література: [1, стор. 254–266; 4, ч.2, стор. 127–140; 5, стор. 338–353; 7; 9, стор. 344–368; 10, стор. 140–159].

Питання для самоконтролю

1. Схеми газоповітряного тракту котлів і галузі їх застосування.
2. Визначення опору газового і повітряного трактив.
3. Самотяга в газоходах котла в газо- і повітропроводах.
4. Сумарний опір газового і повітряного трактив.
5. Вибір димососів і вентиляторів для котельної установки і способи їх регулювання.
6. Тягодуттєві машини для котельного агрегату.
7. Димові труби.
8. Аеродинамічні опори при тиску газів і повітря в котлі. Самотяга.

6. Захист навколишнього середовища від шкідливих викидів при роботі котлів

1. Вміст шкідливих домішок у продуктах згорання.
2. Викиди в атмосферу забруднюючих і токсичних речовин з димовими газами.
3. Переробка сірчистих палив перед спалюванням у топках котлів.
4. Очищення продуктів згорання від оксидів сірки.
5. Методи запобігання утворення оксидів азоту в топках котлів.
6. Очищення продуктів згорання від оксидів азоту.

7. Основні положення про зменшення забруднення водоймищ.
8. Стічні води котельних і шляхи скорочення шкідливих скидань.
9. Очищення стічних вод котельних.

Методичні вказівки

Матеріали цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти ці поняття і визначення. Слід звернути особливу увагу на утворення шкідливих викидів під час роботи котлів та засоби їх зменшення у навколишньому середовищі.

Література: [1, стор. 458–476; 3, стор. 183–190; 11, стор. 160–194].

Питання для самоконтролю

1. Вміст шкідливих домішок у продуктах згорання.
2. Умови утворення оксидів азоту і зменшення їх в газах.
3. Способи очищення газів від оксидів сірки.
4. ГДК шкідливих речовин.
5. Абсорбція.
6. Адсорбція.
7. Методи мокрого і сухого очищення.
8. ГДВ (гранично допустимий викид).
9. БПК (біохімічна потреба водоймища в кисні).
10. Відстоювання, фільтрація, флотація.
11. Виділення ланцюгових продуктів при очищенні води, якою обмивають поверхні нагрівання котлів.
12. Способи очищення стічних вод після хімічних промивань.
13. Різновиди фільтрів.

7. Золоуловлювання. Золошлаковидалення

1. Вихід і характеристики шлаку і золи.
2. Золоуловлювання.
3. Порівняльні характеристики золоуловлювачів.
4. Золошлаковидалення.
5. Механічна система шлакозоловидалення.
6. Пневматична система шлакозоловидалення.
7. Гідравлічна система шлакозоловидалення.

Методичні вказівки

Матеріали цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти ці

поняття і визначення. Слід звернути особливу увагу на методи видалення шлаку та золи із котельного агрегату.

Література: [1, стор. 483–490; 3, стор. 175–179; 4, стор. 140–151].

Питання для самоконтролю

1. Типи золоуловлювачів, їх вибір.
2. Вихід і характеристики шлаку і золи.
3. Системи шлакозоловидалення.
4. Основні вимоги, що пред'являються до систем шлакозоловидалення.
5. Дві стадії процесу шлакозоловидалення.
6. Розподіл кількостей шлаку і золи.
7. Загальна кількість шлаку і золи.
8. Вибір системи золошлаковидалення.
9. Способи золошлаковидалення в дрібних опалювальних котельних залежно від $G_{\text{зш}}$.
10. Вагонетковий спосіб золошлаковидалення.
11. Схеми механічного способу золошлаковидалення (переваги та недоліки).
12. Принципові схеми гидрозолошлаковидалення. Переваги і недоліки.
13. Пневматична система золошлаковидалення.
14. Пневмогідравлічний спосіб золошлаковидалення.
15. Основні групи золоуловлювання.
16. Золоуловлюючі пристрої для сухого очищення димових газів. Переваги та недоліки.
17. Золоуловлюючі пристрої для мокрого очищення димових газів. Переваги та недоліки.
18. Електрофільтри. Переваги та недоліки.
19. Комбіновані золоуловлювачі.

8. Теплові схеми котельних установок

1. Характеристика теплової схеми котла.
2. Температура продуктів згорання на виході з топки.
3. Теплосприйняття у випарній системі, економайзері та пароперегрівнику.
4. Підігрівання повітря і розташування економайзера і повітря підігрівника в газовому тракті.
5. Температура вихідних газів.
6. Приклади теплової схеми котлів.
7. Теплові схеми котельної.
8. Основні відомості про теплові схеми котельних.

9. Теплові схеми котельних з паровими котлами.
10. Теплові схеми котельних з водогрійними котлами для закритих систем теплопостачання.
11. Теплові схеми котельних з водогрійними котлами для відкритих систем теплопостачання.
12. Теплові схеми котельних з паровими і водогрійними котлами.
13. Теплові схеми котельних з комбінованими пароводогрійними агрегатами.
14. Теплові схеми установок з контактними підігрівниками. Шляхи використання теплоти низького потенціалу.
15. Робота водогрійних і комбінованих котлів у піковому режимі і включення їх у теплову схему ТЕЦ.
16. Теплові схеми котельних при їх включенні в роботу спільно з ТЕЦ.
17. Удосконалення теплових схем котельних і підвищення ефективності їх роботи.
18. Приклади розрахунків теплових схем котельних.

Методичні вказівки

Матеріали цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти ці поняття і визначення. Слід звернути особливу увагу на розрахунок теплової схеми котла та котельної установки.

Література: [1, стор. 291–303; 3, стор.91–128; 9, стор. 291–306].

Питання для самоконтролю

1. Теплосприйняття в котлі.
2. Перерозподіл розмірів елементів котла від параметрів пари.
3. Температура газів на виході з топки і її вплив на розподіл теплосприйняття в радіаційних і конвективних поверхнях котла.
4. Межове значення підігрівання повітря при одноступінчатому економайзері і повітропідігрівнику.
5. Вплив температури вихідних газів на розміри конвективних поверхонь котла і витрату енергії на тягу і дуття.
6. Принципова теплова схема.
7. Розгорнена теплова схема.
8. Робоча теплова схема.
9. Основна мета розрахунку теплової схеми котельної.
10. Принципова теплова схема виробничої котельної.
11. Схеми приєднання підігрівників мереженої води до парових котлів.
12. Схеми приєднання підігрівників води для потреб гарячого водопостачання.
13. Принципова теплова схема котельної з паровими котлами.

14. Розгорнена теплова схема котельної з паровими котлами.
15. Принципова теплова схема котельної з водогрійними котлами.
16. Розгорнена теплова схема котельної з трьома водогрійними котлами.
17. Загальностанційна компоновка котлів, мережевих і рециркуляційних насосів.
18. Принципова теплова схема котельної з водогрійними котлами.
19. Розгорнена теплова схема котельної з водогрійними котлами.
20. Принципова теплова схема котельної з водогрійними і паровими котлами.
21. Розгорнена теплова схема котельної з водогрійними і паровими котлами.
22. Теплова схема котельної з пароводогрійними котлами.
23. Принципова теплова схема установки КААН (контактні апарати з активною насадкою).
24. Схеми циркуляції нагрівальної води власних потреб котельної з водогрійними котлами.

9. Вибір устаткування котельних. Деаерація води. Водопідготовка

1. Теплові навантаження і вибір основного устаткування.
2. Вибір насосів.
3. Деаерація води.
4. Утворення накипів і вимога до підживлювальної води.
5. Системи підготовки підживлювальної води.
6. Водний режим і продування котла.
7. Сепарація і промивання пари.
8. Якість води. Вибір методу і схеми підготовки води для водогрійних і пароводогрійних котельних.
9. Використання конденсату.
10. Теплообмінники і баки.
11. Трубопроводи і арматура котельних.

Методичні вказівки

Матеріали цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти ці поняття і визначення. Слід звернути особливу увагу на конструкцію та роботу допоміжного устаткування.

Література: [1, стор. 266–291; 3, стор. 128–156; 4, ч.2, 63–103; 5, стор. 353–383; 9, стор. 368–397; 10, стор. 171–176].

Питання для самоконтролю

1. Утворення накипів і вимоги до підживлювальної води.
2. Системи підготовки підживлювальної води.
3. Водний режим і продування котла.
4. Сепарація пари.
5. Технічна характеристика вакуумних деаераторів.
6. Можливі схеми вакуумної деаерації підживлювальної води в котельних з водогрійними котлами.
7. Принципова схема включення деаераційної установки атмосферного тиску.
8. Схема коагуляції і вапнування води в освітлювачі.
9. Схема паралельного H-Na-катіонування.
10. Схема установки послідовного H-Na-катіонування.

10. Гідродинаміка котла

1. Умови надійної роботи елементів котла.
2. Режим, структура і характеристика потоку робочого тіла.
3. Характеристика випарних систем.
4. Гідродинаміка котлів з ПЦ.
5. Гідродинаміка прямооточних котлів.
6. Гідродинаміка котлів з багаторазовою примусовою циркуляцією (МПЦ).
7. Гідродинаміка водогрійних котлів.
8. Гідродинаміка економайзера.
9. Гідродинаміка пароперегрівника.

Методичні вказівки

Матеріали цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти ці поняття і визначення. Слід звернути особливу увагу на гідравлічний розрахунок котельних агрегатів.

Література: [1, стор. 211–254; 5, стор. 313–338; 12].

Питання для самоконтролю

1. Температура стінки поверхні нагріву котла.
2. Умови, що визначають надійну роботу металу.
3. Вибір швидкості пароводяної суміші в котлі і залежність її від навантаження.
4. Структури потоку пароводяної суміші.
5. Рівняння руху пароводяної суміші в котлі.

6. Схеми організації руху води і пароводяної суміші в котлах.
7. Класифікація котлів.
8. Умови, що визначають рух води і пароводяної суміші в котлах з ПЦ.
9. Межові значення тиску, при яких можлива ПЦ.
10. Кратність циркуляції.
11. Схема розрахунку циркуляції.
12. Застій і перекидання циркуляції.
13. Нівелірна і пароутворююча висота циркуляційного контуру.
14. Особливості примусового руху пароводяної суміші.
15. Розподіл робочої речовини між паралельно включеними трубами котла.
16. Шайбування труб.
17. Особливості гідродинаміки водогрійних котлів і економайзера.
18. Гідродинамічні схеми пароперегрівників.
19. Зміна тиску в колекторах пароперегрівників.

11. Паливне господарство котельних установок

1. Загальні відомості.
2. Паливне господарство при використанні твердого палива.
3. Паливне господарство при використанні мазуту.
4. Газопостачання котельних установок.

Методичні вказівки

Матеріали цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти ці поняття і визначення. Слід звернути особливу увагу на паливне господарство та паливopoдачу котельних установок.

Література: [1, стор. 476–483; 3, стор. 156–175; 9, стор. 306–319].

Питання для самоконтролю

1. Вимоги до паливного господарства котельних.
2. Доставка твердого палива.
3. Склади твердого палива.
4. Підготовка твердого палива до спалювання.
5. Схема паливного господарства при роботі котла на твердому паливі.
6. Доставка мазуту.
7. Підготовка мазуту до спалювання.
8. Схема паливного господарства при роботі котла на мазуті.
9. Газопостачання котельних.
10. Схема паливного господарства при роботі котла на газі.

12. Компонівка котельних

1. Компонівка котельних. Загальні положення.
2. Розміщення котельних на генеральному плані.
3. Компонівка котельних з паровими котлами на газомазутному паливі.
4. Компонівка котельних з водогрійними і пароводогрійними котлами на газомазутному паливі.
5. Компонівка комбінованих котельних з паровими і водогрійними котлами на газомазутному паливі.
6. Компонівка котельних з паровими і водогрійними котлами при шаруватому спалюванні твердого палива.
7. Компонівка котельних для камерного спалювання твердого палива.

Методичні вказівки

Матеріали цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти ці поняття і визначення. Слід звернути особливу увагу на розміщення, компонентів котельних установок, автоматизацію та техніко-економічні показники котельних.

Література: [3, стор. 130–222; 4, ч.2, 179–188; 9, стор. 398–410].

Питання для самоконтролю

1. Особливості раціональної компонентівки.
2. Класифікація компонентівок котельних.
3. Схема генерального плану котельної при спалюванні твердого палива.
4. Схема генерального плану котельної при спалюванні мазуту і газу.
5. Компонівка котельної напіввідкритої типу.
6. Компонівка котельної з паровими котлами.
7. Компонівка парової котельної при спалюванні газу і мазуту.
8. Компонівка водогрійної котельної для закритої системи тепло-постачання.
9. Компонівка водогрійної котельної для відкритої системи тепло-постачання.
10. Компонівка водогрійної котельної з газомазутними котлами.
11. Компонівка котельної з водогрійними і паровими котлами при спалюванні газу і мазуту для закритої системи теплопостачання.
12. Компонівка котельної з водогрійними і паровими котлами при спалюванні газу і мазуту для відкритої системи теплопостачання.
13. Компонівка парової котельної з котлами для спалювання твердого палива.

14. Компоновка водогрійної котельної з котлами для твердого палива шарового спалювання.

15. Компоновка комбінованої котельної з водогрійними і паровими котлами для твердого палива камерного спалювання.

13. Контрольно-вимірювальні прилади, автоматика і захист

1. Основні положення.
2. Загальні завдання контролю і керування роботою енергетичної установки.
3. Групи контрольних приладів.
4. Завдання автоматизації.
5. Здійснення блокування.
6. Системи автоматичного регулювання (САР).
7. Операції, які виконуються при зупиненні котла.
8. Сигналізуючі прилади для безпечної роботи котла.

Методичні вказівки

Матеріали цієї теми є необхідним комплексом визначень і понять, на базі яких викладаються подальші теми, тому студент повинен засвоїти ці поняття і визначення. Слід звернути особливу увагу на роботу контрольно-вимірювальних приладів.

Література: [1, стор. 490–515; 3, стор. 222–253; 4, ч.2, стор. 188–201; 9, стор. 410–427].

Питання для самоконтролю

1. Принципова схема теплового контролю роботи котла з шаровою топкою.
2. Схема регулятора палива.
3. Схема регулятора повітря щодо витрат газу.
4. Схема регулятора повітря для котла, що працює на мазуті і твердому паливі на решітках з пневмомеханічними закидувачами.
5. Схема регулятора повітря парових котлів на газі і мазуті типу «пара–повітря».
6. Схема регулятора живлення котла водою.
7. Схема регулятора розрідження в топці.
8. Схема регулятора температури води за водогрійним котлом.
9. Схема регулятора тиску палива перед пальниками котлів з природною тягою.

10. Схема теплового контролю і автоматизації парового газомазутного котла.
11. Схема автоматичного регулювання парового газомазутного котла.
12. Схема автоматизованого захисту парового газомазутного котла.
13. Схема теплового контролю роботи водогрійного газомазутного котла.
14. Схема автоматики захисту і сигналізації водогрійного газомазутного котла.

КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ до курсу «ПРОМИСЛОВІ І МАЛОПОТУЖНІ КОТЛИ»

Методичні вказівки

До виконання завдання і розв'язання задачі слід приступати тільки після вивчення даного розділу курсу. Тільки цілеспрямоване розв'язання задачі принесе користь і допоможе закріпленню знань. Перед виконанням контрольної роботи рекомендується ознайомитися з алгоритмом розв'язання аналогічних задач з навчальної літератури.

Номер варіанта контрольної роботи співпадає з порядковим номером студента в журналі.

Контрольне завдання складається з теоретичної і практичної частин.

Теоретична частина

Студенти повинні дати письмові відповіді на питання, номери яких показані в табл. 1.

Таблиця 1 – Номери питань до контрольної роботи

№ варіанта	№ теми	№ питання
1	Вступ	1,2,3
	Тема 1	1,2,3
	Тема 2	1,2,3
2	Вступ	4,5,6
	Тема 1	4,5,6
	Тема 2	4,5,6
3	Вступ	7,8,9
	Тема 1	7,8,9
	Тема 2	7,8,9
4	Вступ	10,11
	Тема 1	10,11,12
	Тема 2	10,11,12

Продовження табл. 1

5	Тема 1	13,14,15
	Тема 2	13,14,15
	Тема 3	1,2,3
6	Тема 2	16,17,18,19
	Тема 3	4,5,6
	Тема 4	1,2
7	Тема 3	7,8,9,10
	Тема 4	3,4
	Тема 5	1,2,3
8	Тема 3	11,12,13
	Тема 5	4,5,6
	Тема 6	1,2,3
9	Тема 3	14,15,16,17
	Тема 5	7,8
	Тема 6	4,5,6
10	Тема 3	18,19,20
	Тема 6	7,8,9
	Тема 7	1,2,3
11	Тема 3	21,22,23
	Тема 6	10,11,12,13
	Тема 7	4,5
12	Тема 3	24,25
	Тема 7	6,7,8,9
	Тема 8	1,2,3
13	Тема 7	10,11,12
	Тема 8	4,5,6
	Тема 9	1,2,3
14	Тема 7	13,14,15
	Тема 8	7,8,9
	Тема 9	4,5,6
15	Тема 7	16,17,18,19
	Тема 8	10,11,12
	Тема 9	7,8
16	Тема 8	13,14,15
	Тема 9	9,10
	Тема 10	1,2,3,4
17	Тема 8	16,17,18
	Тема 10	5,6,7
	Тема 11	1,2,3

Продовження табл. 1

18	Тема 8	19,20,21
	Тема 10	8,9,10
	Тема 11	4,5,6
19	Тема 8	22,23,24
	Тема 10	11,12
	Тема 11	7,8,9,10
20	Тема 10	13,14,15
	Тема 12	1,2,3
	Тема 13	1,2,3
21	Тема 10	16,17,18,19
	Тема 12	4,5,6
	Тема 13	4,5,6
22	Тема 12	7,8,9,10
	Тема 13	7,8,9,10,11
23	Тема 12	11,12,13,14,15
	Тема 13	12,13,14

Методичні вказівки до теоретичної частини контрольного завдання

При оформленні контрольного завдання необхідно повністю наводити формулювання питань. Відповіді на поставлені питання повинні бути вичерпними і супроводжуватися необхідними малюнками і схемами з позначенням усіх елементів, текстом, поясненнями.

Практична частина

Практична частина контрольного завдання складається з розрахунку дробоочищення для тих котлів вітчизняного і зарубіжного виробництва, що працюють на твердому паливі або мазуті.

Розрахунок починають з вибору котельного устаткування, його технічної характеристики і короткого опису. Слід додати до характеристики і ескіз, схему або рисунок котла.

Дробоочищення застосовується для очищення конвективних поверхонь нагріву за наявності на них ущільнених і зв'язаних відкладень. Очищення відбувається в результаті використання кінетичної енергії падаючих на поверхні, що піддаються очищенню, чавунних дробинок діаметром 3–5 мм. Схема пристрою для дробоочищення показана на рис. 1. У верхній частині конвективної шахти котла розміщуються розкидачі, які рівномірно розподіляють дріб по перетину газоходу. При падінні дріб збиває золу, що осіла на трубах, а потім разом з нею збирається в бункерах, розташованих під

шахтою. З бункерів дріб разом із золою потрапляє в збірний бункер, з якого живильник подає їх у трубопровід, де маса золи з дробом підхоплюється повітрям і виноситься у дробоуловлювач, з якого дріб по рукавах знов подається в розкидач, а повітря разом з частинками золи прямує в циклон, де відбувається їх розділення. З циклону повітря скидається в газохід перед димососом, а зола, що осіла в циклоні, видаляється в систему золовидалення котельної установки.

Транспортування дробу здійснюється за всмоктуючою (див. рис. 1,а) або нагнітальною (див. рис. 1,б) схемою. За всмоктуючою схемою розрідження в системі створюється паровим ежектором або вакуум-насосом. За нагнітальною схемою транспортуюче повітря подається в інжектор від компресора. Для транспортування дробу необхідна швидкість повітря 40–50 м/с.

1. Визначення кількості пневмоліній:

Ширина і глибина газоходу вибирається за кресленням даного котлоагрегату (а, мм; в, мм).

2. Площа перетину газоходу, м^2 , визначається за формулою

$$F_{\text{г}} = a \cdot в$$

Розкидач обслуговує перетин по газоходу, який дорівнює 2,5х2,5 м. Одна пневмолінія обслуговує два розкидача.

3. Пневмолінія обслуговує перетин по газоходу, який дорівнює

$$\Pi = 2 \cdot P = 5 \cdot 2,5 \text{ м}.$$

4. Площа перетину пневмолінії, м^2

$$F_{\text{п}} = 12,5$$

5. Кількість пневмоліній:

$$n = F_{\text{г}} / F_{\text{п}}$$

6. Витрата дробу через систему:

$$G_{\text{др}} = (g_{\text{др}} F_{\text{г}}) / (n \tau)$$

де $g_{\text{др}} = 100\text{--}200 \text{ кг/м}^2$ – питома витрата дробу на 1 м^2 перетину газоходу;

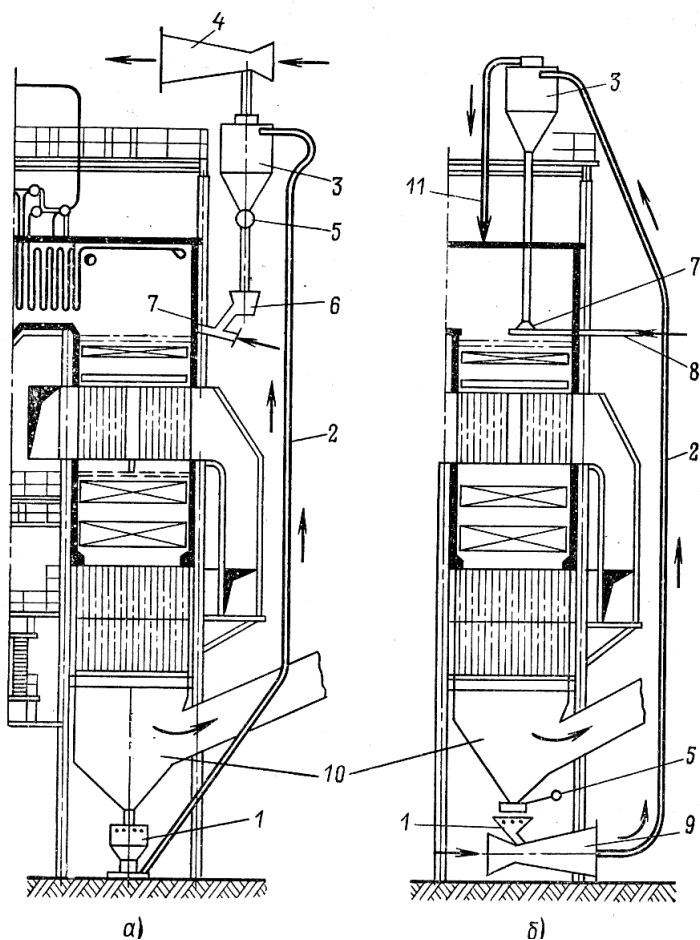


Рисунок 1 – Схеми дробоочищувальних установок:

- а) установка под разрежением с пневматическим закидачем дробу;
- б) установка под тиском с верхнім закиданням дробу;

1 – бункер для дробу; 2 – трубопровод для подачі дробу; 3 – дробоуловлювач-циклон; 4 – ежектор; 5 – автоматичний клапан-мигалка; 6 – тарілчастий живильник; 7 – розкидач дробу; 8 – підведення охолоджувальної води; 9 – інжектор; 10 – вихід продуктів згорання; 11 – вихід повітря з пилоуловлювача.

n – кількість пневмоліній;

τ – тривалість періоду очищення, с. Звичайно $\tau = 20 - 60$ с.

Результати розрахунку слід звести в таблицю. Тривалість періоду очищення слід розбити з кроком у 5 с., а питому витрату дробу з кроком у 10 кг/м².

Результати розрахунку слід звести в таблицю. Тривалість періоду очищення слід розбити з кроком у 5 с., а питому витрату дробу з кроком у 10 кг/м².

Слід побудувати графічне зображення залежності витрати дробу через систему від питомої витрати ($\tau_{\max} = 60$ с – $\tau_{\min} = 20$ с).

Слід побудувати графічне зображення залежності витрати дробу через систему від тривалості періоду очищення ($g_{\text{др}} = 100 - 200$ кг/м²).

МОДУЛЬНІ КОНТРОЛЬНІ РОБОТИ

Модульна контрольна робота 1

«Основні поняття про котельні агрегати і їх топкові пристрої»

Перелік рекомендованих питань:

1. Класифікація топкових пристроїв і їх характеристики.
2. Кінетична, дифузійна і проміжна області горіння палива.
3. Час згорання палив, його залежність від умов перебігу процесу.
4. Схеми горіння газоподібного, рідкого та твердого палив.
5. Аеродинамічні характеристики процесів горіння.
6. Можливості інтенсифікації процесу горіння.
7. Основні показники роботи топкових пристроїв.
8. Схеми спалювання газоподібного палива і їх вплив на довжину і характеристику факела, стійкість полум'я.
9. Класифікація і схеми пальників для спалювання газу.
10. Особливості спалювання газу з високою і низькою теплою згорання.
11. Топки для спалювання газу газоподібного палива.
12. Основи розрахунку пальників і топок для спалювання газоподібного палива.
13. Механізм спалювання рідкого палива.
14. Способи розпилювання рідкого палива.
15. Форсунки і топки для рідкого палива, їх порівняльна ефективність.
16. Присадки до мазуту і їх призначення.
17. Класифікація шарових топок.
18. Структура шару палива, що горить, газоутворення в шарі.

19. Подібність і відмінність процесів повного горіння і газифікації твердого палива.
20. Напівмеханічні і механічні топки.
21. Схема запалення і горіння шару, твердого палива на ланцюгових ґратах, призначення позонного дуття.
22. Шахто-ланцюгові топки, процес горіння в них.
23. Топки з киплячим шаром, особливості, переваги.
24. Галузі застосування шарових топок і їх характеристики.
25. Переваги і недоліки спалювання твердого палива в пилоподібному стані.
26. Системи пилоприготування, галузі застосування.
27. Характеристика вугільного пилу.
28. Техніко-економічний вибір оптимальної тонкості помолу палива.
29. Характеристика млинів для помолу вугілля, їх порівняльна ефективність, область застосування.
30. Схеми запалення пилоповітряної суміші. Пиловугільні пальники.
31. Аеродинаміка топкової камери.
32. Топки з твердим шлаковидаленням.
33. Топки з рідким шлаковидаленням.
34. Циклонні і вихрові топки, особливості їх роботи.
35. Шляхи зниження вмісту оксидів азоту і сірки у продуктах згорання.
36. Розрахункові характеристики топок для спалювання вугільного пилу.
37. Схеми сучасних котлів.
38. Особливості котлів низького і високого тиску.
39. Прямоточні котли при високому і надвисокому тиску, їх переваги і недоліки.
40. Особливості і переваги низьконапірних і високонапірних котлів.
41. Схема парогазової установки.
42. Котли непрямої дії і з неводними теплоносіями, особливості роботи, галузь застосування.
43. Пересувні котли, електрокотли.
44. Можливі галузі застосування.
45. Особливості роботи і конструкції водогрійних котлів.
46. Комбіновані пароводогрійні котли, ефективність, галузь застосування.
47. Особливості і ефективність котлів на виробничих газах, що відходять.
48. Конвективні і радіаційно-конвективні котли-утилізатори.
49. Водотрубно-газотрубно котли. Котли для використання теплоти технологічного продукту.
50. Відмінність енерготехнологічного тепловикористання від використання вторинних енергоресурсів теплотехнологічних установок.

51. Приклади енерготехнологічних агрегатів для високотемпературних і низькотемпературних процесів.

Модульна контрольна робота 2

«Захист навколишнього середовища від шкідливих викидів при роботі котлів. Золоуловлювання. Золошлаковидалення»

Перелік рекомендованих питань:

1. Вміст шкідливих домішок у продуктах згорання.
2. Викиди забруднюючих і токсичних речовин з димовими газами в атмосферу.
3. Переробка сірчистих палив перед спалюванням у топках котлів.
4. Очищення продуктів згорання від оксидів сірки.
5. Методи зменшення утворення оксидів азоту в топках котлів.
6. Очищення продуктів згорання від оксидів азоту.
7. Основні положення про зменшення забруднення водоймищ.
8. Стічні води котельних і шляхи скорочення шкідливих скидів.
9. Очищення стічних вод котельних.
10. Вміст шкідливих домішок у продуктах згорання.
11. Умови утворення оксидів азоту і зменшення їх у газах.
12. Способи очищення газів від оксидів сірки.
13. ГДК шкідливих речовин.
14. Абсорбція.
15. Адсорбція.
16. Методи мокрого і сухого очищення.
17. ГДВ (гранично допустимий викид).
18. БПК (біохімічна потреба водоймища в кисні).
19. Відстоювання, фільтрація, флотація.
20. Виділення ланцюгових продуктів при очищенні вод, якими обми-
ваються поверхні нагрівання котлів.
21. Спосіб очищення стічних вод після хімічних промивань.
22. Різновиди фільтрів.
23. Вихід і характеристики шлаку і золи.
24. Золоуловлювання.
25. Порівняльні характеристики золоуловлювачів.
26. Золошлаковидалення.
27. Механічна система шлакозоловидалення.
28. Пневматична система шлакозоловидалення.
29. Гідравлічна система шлакозоловидалення.
30. Типи золоуловлювачів, їх вибір.
31. Вихід і характеристики шлаку і золи.
32. Системи шлакозоловидалення.

33. Основні вимоги, що пред'являються до систем шлакозоловидалення.
34. Дві стадії процесу шлакозоловидалення.
35. Розподіл кількостей шлаку і золи.
36. Загальна кількість шлаку і золи.
37. Вибір системи золошлаковидалення.
38. Способи золошлаковидалення в дрібних опалювальних котельних залежно від $G_{\text{зш}}$.
39. Спосіб вагонеткового золошлаковидалення
40. Схеми, переваги і недоліки механічного способу золошлако-видалення.
41. Принципові схеми гідрозолошлаковидалення. Переваги і недоліки.
42. Пневматична система золошлаковидалення.
43. Пневмогідралічний спосіб золошлаковидалення.
44. Основні групи золоуловлювання.
45. Золоуловлюючі пристрої для сухого очищення димових газів. Переваги і недоліки.
46. Золоуловлюючі пристрої для мокрого очищення димових газів. Переваги і недоліки.
47. Електрофільтри. Переваги і недоліки.
48. Комбіновані золоуловлювачі.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Сидельковский Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий : Учебник для вузов/ Л. Н. Сидельковский – 3 изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
2. Теория горения и топочные устройства: учеб. пособие для студентов высш. учебных заведений / под ред. Д. М. Хзмаляна – М.: Энергия, 1976.
3. Бузников Е. Ф. Производственные и отопительные котельные/ Е. Ф. Бузников – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
4. Парогенераторы / под ред. А.П. Ковалева, – М.;Л.: Энергия, 1988.
5. Рабинович О. М. Котельные агрегаты/ О.М. Рабинович – Л.: Машгиз, 1963.
6. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / под ред. Н.В. Кузнецова. – М.: Энергия, 1973.
7. Аэродинамический расчет котельных установок (нормативный метод) / под ред. С.И. Мочана. – М.: Энергия, 1973.
8. ОСТ 10 8.031.08-85. ОСТ 10 8.031.10-85. Котлы стационарные и трубопроводы пара и горячей воды. Нормы расчета на прочность. – М., 1987.
9. Роддатис К. Ф. Котельные установки: учеб. пособие для студентов неэнергетических специальностей вузов./ К.Ф. Роддатис. – М.: Энергия, 1977. – 432 с.
10. Александров В. П. Паровые котлы малой и средней мощности / В.П. Александров – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Энергия, 1972. – 200 с.
11. Скалкин Ф. В. Энергетика и окружающая среда. / Ф.В. Скалкин – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1981. – 280 с.
12. Гидравлический расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / под ред. В.А. Локшина. – М.: Энергия, 1978. – 256 с.

ЗМІСТ

Передмова	3
Загальні положення	3
1. Повітряний баланс котла	4
2. Топкові пристрої для газу, мазуту і твердого палива	5
3. Основні поняття про котельні агрегати і їх роботу	6
4. Абразивний знос, корозія, забруднення і очищення поверхонь нагріву	7
5. Аеродинаміка газоповітряного тракту	8
6. Захист навколишнього середовища від шкідливих викидів при роботі котлів	8
7. Золотування. Золотувадалення	9
8. Теплові схеми котельних установок	10
9. Вибір устаткування котельних.	
Деаерація води. Водопідготовка	12
10. Гідродинаміка котла	13
11. Паливне господарство котельних установок	14
12. Компонівка котельних	15
13. Контрольно-вимірювальні прилади, автоматика і захист	16
Контрольне завдання	17
Модульні контрольні роботи	22
Список літератури	26

Навчальне видання

Програма, методичні вказівки, контрольні завдання з курсу
«Промислові та малопотужні котли» для студентів спеціальності 7.090505
«Котли та реактори» усіх форм навчання

Укладачі: **ЄФІМОВ Олександр Вячеславович**
ТЮТЮНИК Лариса Іванівна

Відповідальний за випуск О. В. Єфімов
Роботу до друку рекомендував Ю. В. Шульгін

Редактор О. І. Шпільова

План 2009р., поз. 149/ XX

Підп. до друку XX.XX.10. Формат 60x84 1/16. Папір офсет. №2.
Друк – ризографія. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 1,4.
Обл. – вид. арк. 1,8. Наклад 50 прим. Зам. № . Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХПІ» 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 116 від 10.07.2000 р.

Друкарня НТУ «ХПІ». 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.